

VARIABLE GAIN AMPLIFYING APPARATUS

Publication number: JP11251850 (A)

Publication date: 1999-09-17

Inventor(s): YAMAGUCHI YUTAKA +

Applicant(s): NIPPON ELECTRIC CO +

Classification:

- **international:** **H03G3/00; H03G1/00; H03G3/00; H03G1/00; (IPC1-7): H03G3/00**

- **European:** H03G1/00B8

Application number: JP19980047939 19980227

Priority number(s): JP19980047939 19980227

Also published as:

JP3303769 (B2)

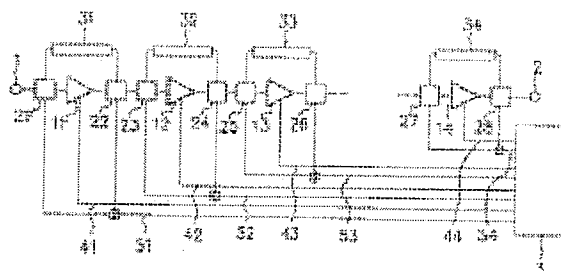
GB2334840 (A)

US6172559 (B1)

Abstract of JP 11251850 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a noise exponent and a tertiary distortions, when a gain is low by detaching a variable gain amplifier whose gain of a device having a plurality of variable gain amplifiers is not more than 0dB from the device.

SOLUTION: When a control circuit 3 sets the gain of the variable gain amplifier of a prescribed stage to be not more than 0dB via gain control signal lines 41-44, switching signals are sent to input/output change-over switches 21-28 provided before and after the stage through switch change-over signal lines 51-54. The variable gain amplifier of the stage is detached, and through lines 31-34 are connected. Thus, a noise index and tertiary distortions, which occur at the time of low gain amplification, can be improved by detaching the variable gain amplifier whose gain becomes not more than 0dB.; Moreover, shielding effect between an input terminal 1 and an output terminal 2 when the gain is low, can be improved by perplacing the through lines 31-34 with buffer amplifiers.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-251850

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 3 G 3/00

識別記号

F I
H 0 3 G 3/00

Z

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-47939

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月27日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 山口 裕

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

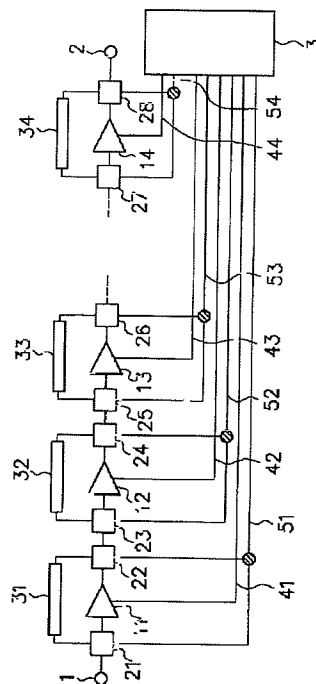
(74) 代理人 弁理士 丸山 隆夫

(54) 【発明の名称】 可変利得増幅装置

(57) 【要約】

【課題】 幅広い利得の範囲にわたって、雑音指数と3次歪みとの改善を図ることが可能な可変利得増幅装置を提供する。

【解決手段】 n を1以上の任意の自然数として、利得制御信号に基づき利得を変化させることが可能な n 段の可変利得増幅器11～14と、可変利得増幅器11～14のそれぞれと並列に接続されたスルーライン31～34と、入力した信号を、制御信号に基づき、可変利得増幅器及びスルーラインのいずれか一方に切り替えて出力する、可変利得増幅器のそれぞれの入力側に設けられた入力段スイッチ21、23、25、27と、可変利得増幅器及びスルーラインのいずれか一方から出力された信号を、制御信号に基づき切り替えて出力する、可変利得増幅器のそれぞれの出力側に設けられた出力段スイッチ22、24、26、28と、制御信号を出力する制御回路3とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 n を1以上の任意の自然数として、利得制御信号に基づき利得を変化させることが可能な n 段の可変利得増幅器と、

前記可変利得増幅器のそれぞれと並列に接続されたスルーラインと、

入力した信号を、制御信号に基づき、前記可変利得増幅器及びスルーラインのいずれか一方に切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの入力側に設けられた入力段スイッチと、

前記可変利得増幅器及びスルーラインのいずれか一方から出力された信号を、前記制御信号に基づき切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの出力側に設けられた出力段スイッチと、

前記制御信号を出力する制御回路とを有することを特徴とする可変利得増幅装置。

【請求項2】 前記入力段スイッチ、及び前記出力段スイッチの少なくともいずれか一方が、Single Pole Dual Throughスイッチであることを特徴とする請求項1記載の可変利得増幅装置。

【請求項3】 前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、予め最大利得にまで利得を上げておき、その後、前記可変利得増幅器の初段から利得を下げていき初段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら次段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第1の制御方法と、前記可変利得増幅器の最終段から利得を下げていき最終段の利得が0 dBになったらその最終段の前段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該前段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその前の段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第2の制御方法と、前記可変利得増幅器の2段目から利得を下げていき、該2段目の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその次段（3段目）の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段（3段目）の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていき、最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら初段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる第3の制御方法と、前記可変利得増幅器の全段の利得を同時に下げていく第4の制御方法とのうちの少なくともいずれか1つの制御方法を用いて実行されることを特徴とする請求項1又は2に記載の可変利得増幅装置。

【請求項4】 前記制御回路から出力される制御信号に

より実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、前記可変利得増幅装置の雑音指数、及び3次歪みの値が、該可変利得増幅装置が使用される装置における最適値になるように、

前記 n 段の可変利得増幅器の利得の値のそれぞれを組み合わせるにより実行されることを特徴とする請求項1又は2に記載の可変利得増幅装置。

【請求項5】 前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記入力段スイッチを、前記可変利得増幅器から前記スルーラインにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力すると共に、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記出力段スイッチを、前記可変利得増幅器から前記スルーラインにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の可変利得増幅装置。

【請求項6】 前記可変利得増幅器の電源のON/OFFを制御する、前記可変利得増幅器のそれぞれに接続されたON/OFFスイッチを有することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の可変利得増幅装置。

【請求項7】 前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記ON/OFFスイッチをOFFさせるための制御信号を出力して該ON/OFFスイッチをOFFさせることを特徴とする請求項6記載の可変利得増幅装置。

【請求項8】 n を1以上の任意の自然数として、利得制御信号に基づき利得を変化させることが可能な n 段の可変利得増幅器と、

前記可変利得増幅器のそれぞれと並列に接続されたバッファアンプと、

入力した信号を、制御信号に基づき、前記可変利得増幅器及びバッファアンプのいずれか一方に切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの入力側に設けられた入力段スイッチと、

制御信号に基づき、前記可変利得増幅器及びバッファアンプのいずれか一方から出力された信号を、切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの出力側に設けられた出力段スイッチと、

前記制御信号を出力する制御回路とを有することを特徴とする可変利得増幅装置。

【請求項9】 前記入力段スイッチ、及び前記出力段スイッチの少なくともいずれか一方が、Single Pole Dual Throughスイッチであることを特徴とする請求項8記載の可変利得

増幅装置。

【請求項10】 前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、
予め最大利得にまで利得を上げておき、その後、
前記可変利得増幅器の初段から利得を下げていき初段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら次段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていくように、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第1の制御方法と、
前記可変利得増幅器の最終段から利得を下げていき最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその前段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該前段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその前の段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第2の制御方法と、
前記可変利得増幅器の2段目から利得を下げていき2段目の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその次段(3段目)の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段(3段目)の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていき、最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら初段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる第3の制御方法と、
前記可変利得増幅器の全段の利得を同時に下げていく第4の制御方法との少なくともいずれか1つを用いて実行されることを特徴とする請求項8又は9に記載の可変利得増幅装置。

【請求項11】 前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、
前記可変利得増幅装置の雑音指数、及び3次歪みの値が、該可変利得増幅装置が使用される装置における最適値になるように、
前記n段の可変利得増幅器の利得の値のそれぞれを組み合わせることにより実行されることを特徴とする請求項8又は9に記載の可変利得増幅装置。

【請求項12】 前記制御回路が、
前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記入力段スイッチを、
前記可変利得増幅器から前記バッファアンプにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力すると共に、
前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記出力段スイッチを、
前記可変利得増幅器から前記バッファアンプにその接続

を切り替えるための前記制御信号を出力することを特徴とする請求項8から11のいずれかに記載の可変利得増幅装置。

【請求項13】 前記可変利得増幅器の電源のON/OFFを制御する、前記可変利得増幅器のそれぞれに接続されたON/OFFスイッチを有することを特徴とする請求項8から12のいずれかに記載の可変利得増幅装置。

【請求項14】 前記制御回路が、
前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記ON/OFFスイッチをOFFさせるための制御信号を出力して前記ON/OFFスイッチをOFFさせることを特徴とする請求項13記載の可変利得増幅装置。

【請求項15】 前記バッファアンプの電源のON/OFFを制御する、前記バッファアンプのそれぞれに接続されたバッファアンプ用ON/OFFスイッチを有することを特徴とする請求項8から14のいずれかに記載の可変利得増幅装置。

【請求項16】 前記制御回路が、
前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に並列に接続されている前記バッファアンプのそれぞれに接続されているバッファアンプ用ON/OFFスイッチをONさせるための制御信号を出力して、前記バッファアンプ用ON/OFFスイッチをONさせることを特徴とする請求項15記載の可変利得増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は可変利得増幅装置に関し、特にそれぞれの利得を変化させることが可能な可変利得増幅器を有する可変利得増幅装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、出力された信号を様々な用途に用いるために、種々の可変利得増幅装置が提案されている。

【0003】例えば、従来の可変利得増幅装置の構成について図15を参照して説明する。図15に、従来の可変利得増幅装置の一例の構成の回路図を示す。図15に示されるように、入力端子1と出力端子2との間において、n段から構成される可変利得増幅器11～14が制御回路3と利得制御信号ライン41～44で接続されている。制御回路3は利得制御信号ライン41～44を介して可変利得増幅器11～14の利得を増幅器毎に設定できるようになっている。可変利得増幅器11～14は、通常1段当たりの最大利得は約15～20 dB程度であり、最小利得は約-10 dB～-30 dB程度である。

【0004】従って、入力端子1から入力した信号は、

出力端子2から、所望の利得を持って出力されることとなる。

【0005】ここで、上記従来の可変利得増幅装置においては、負の利得も実現可能のように見えるが、利得を増幅させる場合は、多くの場合歪みが問題となるため、利得設定範囲は約0dB～最大利得に設定されることが多い。

【0006】また、利得の制御方法としては、最大利得設定時を出発点として、この点から徐々に利得を下げていき所望の利得を得る降下型の制御方法が用いられる場合が多い。

【0007】さらに、利得を下げる方法としては、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法、全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法などがある。これらの制御方法の選択は、利得可変増幅装置が使用される装置全体のシステムの要求性能により適切な制御方法が選ばれる。

【0008】また、本願発明に類似の従来技術として、特開昭56-90612号公報に開示された「光信号観測装置における利得制御方式」がある。

【0009】この発明は、光信号を観測する際において、広帯域で周波数特性を損なわずに幅広い利得の切り替えを可能とするものである。

【0010】そのためにこの発明は、当該公報に記載された図面の第2図にも示されているように、利得切換装置300に具備される固定利得増幅器（広帯域増幅器）303Aや固定利得増幅器303Bをバイパスさせることにより、利得切換装置300で1、10、100倍の利得切り換えを実行可能にしている。

【0011】また、本願発明に類似の従来技術として、特開平8-18348号公報に開示された「可変利得増幅器」がある。

【0012】この発明は、消費電力の低減を図ることが可能な可変利得増幅器を提供することを目的とするものである。

【0013】そのためにこの発明は、当該公報に記載された図面の図1にも示されているように、第1固定利得増幅器20、第2固定利得増幅器24、及び第3固定利得増幅器28の入出力を、利得切換スイッチ18、22、26により切り換えると共に、電源スイッチ19、23、27をタイミング良く切り換えることにより、消費電力の軽減を図るものである。

【0014】さらに、本願発明に類似の従来技術として、特開平9-148852号公報に開示された「送信出力可変装置」がある。

【0015】この発明は、消費電力の低減を図ると共に、C/N歪みの改善を図ることが可能な可変利得増幅器を提供することを目的とするものである。

【0016】そのためにこの発明は、当該公報に記載された図面の図1にも示されているように、固定利得増幅器としての電力増幅器15をバイパス線路17によりバイパス可能にし、さらに、利得の変化自体は可変利得増幅器13により実行している。このようにすることにより、電力増幅器を通さないことによる制御特性の改善、及び雑音、歪特性の改善を可能とし、送信系の消費電力の主要部分を占めていた電力増幅器による消費電力を大幅に節減することができるとしている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来技術は、次のような問題点があった。第1の問題点は、例えば、図15に示されるような可変利得増幅器11～14は、利得を下げると雑音指数（noise figure：以下、単にNFと記す。）が劣化するので、個々の可変利得増幅器が低利得に設定されている場合には可変利得増幅装置全体としてもNFが悪くなることである。特に可変利得増幅装置の利得を最小利得に設定した場合に、NFが最悪値となることが確認されている。ここで、このNFの値の変動について、図16を参照して説明する。

【0018】図16に、従来の可変利得増幅装置におけるNFと利得との関係のグラフを示す。ただし、ここで想定している可変利得増幅装置は、可変利得増幅器が3段構成である場合の可変利得増幅装置である。一方、図16に示されるグラフの特性を有する従来の可変利得増幅装置は、可変利得増幅器が3段であること以外は、図15に示される可変利得増幅装置の構成と変わる所はないので、以下の説明においては、便宜上、従来の可変利得増幅装置を示す図15を参照して説明する。

【0019】また、図16に示される結果は、可変利得増幅器の1段当たりの可変利得範囲を0dB～20dBとし、利得とNFとの関係は図6に示す特性を有するものとしてシミュレーションを実行して得られた結果である。ここで、図6に、本願発明、及び従来の可変利得増幅装置に使用される可変利得増幅器の1段当たりの利得とNFとの関係のグラフを示す。

【0020】さらに、利得制御方法としては、始めに最大利得まで上昇させておき、その後、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法、及び全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法の4方式について行った。

【0021】図16に示されるグラフを見ると制御方法により中間利得時のNFの値に違いはあるが、いずれも最小利得時に最悪値をとり、この場合、NFが約30dBにもなってしまう。

【0022】従って、このような可変利得増幅装置を例えば通信装置の受信器に使用した場合、この可変利得増

幅器のNFが受信器全体のNFを劣化させてしまい、受信器の性能を劣化させてしまうことになる。

【0023】次に、第2の問題点は、図15に示される可変利得増幅器11～14は、一般に利得を下げる飽和出力電力が低下するので、低利得に設定されている場合には歪み特性が悪くなることである。特に最小利得に設定した場合に最悪値となる。可変利得増幅器が3段構成の従来の可変利得増幅装置の場合の3次歪み（以下、単にIM3と記す。）と利得の関係を図17を参照して説明する。図17に、従来の3段構成の可変利得増幅装置の場合のIM3と利得との関係のグラフを示す。

【0024】ここで、図17に示されるグラフは、可変利得増幅器11～14の1段当たりの可変利得範囲を0dB～20dBとし、利得とインターセプトポイント（以下、ICPと記す。）との関係は図7に示す特性を有するものとしている。図7には、本願発明、及び従来の可変利得増幅装置に使用される可変利得増幅器の利得とICPとの関係のグラフを示す。また、図15に示される入力端子1の入力電力レベルに対して、出力端子2における出力電力レベルが-20dBmになるようにしてシミュレーションを実行した結果である。

【0025】また、利得制御方法は、始めに最大利得まで上昇させておき、その後、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、及び最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法、全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法の4方式について行った。

【0026】図17を見ると制御方法により中間利得時のIM3の値に違いはあるが、いずれも最小利得時に最悪値をとり、この場合その最悪値は約10dBcになってしまう。通信装置に使用された場合、この可変利得増幅装置のIM3が通信装置全体のIM3を劣化させてしまい、通信装置の性能を劣化させてしまう。

【0027】一方、特開昭56-90612号公報に開示された発明では、利得増幅器としては、固定利得増幅器を利用しており、これらの接続を変えることにより、利得を可変にしているのみであり、精度の良い利得の変化をさせることが不可能である。

【0028】また、特開平8-18348号公報に開示された発明では、上記特開昭56-90612号公報に開示された発明と同様に、利得増幅器としては、固定利得増幅器を利用しており、これらの接続を変えることにより、利得を可変にしているのみであり、精度の良い利得の変化をさせることが不可能であると共に、当該公報に記載された図1を参照すると明らかなように、固定利得増幅器をバイパスする場合は、その経路が格段の増幅器入力部から最終段の出力部となっているため、利得を変化させる場合は、必ず前段の固定利得増幅器20から順に増幅器をONさせねばならないため、後述するよう

に、利得の制御方法として、任意の段の増幅器の利得を変化させて全体の利得を設定するという方法を選択することが不可能である。

【0029】また、特開平9-148852号公報に開示された発明では、上記特開昭56-90612号公報、及び特開平8-18348号公報に開示された発明と同様に、バイパスする利得増幅器としては、1段のみの固定利得増幅器を想定しており、利得を変化させる増幅器として可変利得増幅器を利用しているため、幅広い範囲にわたっての利得の変化を行うことができない。

【0030】本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、幅広い利得の範囲にわたって、雑音指数と3次歪みとの改善を図ることが可能な可変利得増幅装置を提供することを目的とする。

【0031】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、 n を1以上の任意の自然数として、利得制御信号に基づき利得を変化させることが可能な n 段の可変利得増幅器と、前記可変利得増幅器のそれぞれと並列に接続されたスルーラインと、入力した信号を、制御信号に基づき、前記可変利得増幅器及びスルーラインのいずれか一方に切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの入力側に設けられた入力段スイッチと、前記可変利得増幅器及びスルーラインのいずれか一方から出力された信号を、前記制御信号に基づき切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの出力側に設けられた出力段スイッチと、前記制御信号を出力する制御回路とを有することを特徴とする。

【0032】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記入力段スイッチ、及び前記出力段スイッチの少なくともいずれか一方が、Single Pole Dual Throughスイッチであることを特徴とする。

【0033】請求項3記載の発明は、請求項1又は2に記載の発明において、前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、予め最大利得にまで利得を上げておき、その後、前記可変利得増幅器の初段から利得を下げていき初段の可変利得増幅器の利得が0dBになったら次段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段の可変利得増幅器の利得が0dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第1の制御方法と、前記可変利得増幅器の最終段から利得を下げていき最終段の利得が0dBになったらその最終段の前段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該前段の可変利得増幅器の利得が0dBになったら更にその前の段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第2の制御方法と、前記可変利得増幅器の2段目から利得を下げていき、該2段目

の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその次段（3段目）の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段（3段目）の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていき、最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら初段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる第3の制御方法と、前記可変利得増幅器の全段の利得を同時に下げていく第4の制御方法とのうちの少なくともいずれか1つの制御方法を用いて実行されることを特徴とする。

【0034】請求項4記載の発明は、請求項1又は2に記載の発明において、前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、前記可変利得増幅装置の雑音指数、及び3次歪みの値が、該可変利得増幅装置が使用される装置における最適値になるように、前記n段の可変利得増幅器の利得の値のそれぞれを組み合わせることにより実行されることを特徴とする。

【0035】請求項5記載の発明は、請求項1から4のいずれかに記載の発明において、前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記入力段スイッチを、前記可変利得増幅器から前記スルーラインにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力すると共に、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記出力段スイッチを、前記可変利得増幅器から前記スルーラインにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力することを特徴とする。

【0036】請求項6記載の発明は、請求項1から5のいずれかに記載の発明において、前記可変利得増幅器の電源のON/OFFを制御する、前記可変利得増幅器のそれぞれに接続されたON/OFFスイッチを有することを特徴とする。

【0037】請求項7記載の発明は、請求項6記載の発明において、前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記ON/OFFスイッチをOFFさせるための制御信号を出力して該ON/OFFスイッチをOFFさせることを特徴とする。

【0038】請求項8記載の発明は、nを1以上の任意の自然数として、利得制御信号に基づき利得を変化させることが可能なn段の可変利得増幅器と、前記可変利得増幅器のそれぞれと並列に接続されたバッファアンプと、入力した信号を、制御信号に基づき、前記可変利得増幅器及びバッファアンプのいずれか一方に切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの入力側に設けられた入力段スイッチと、制御信号に基づき、前記可

変利得増幅器及びバッファアンプのいずれか一方から出力された信号を、切り替えて出力する、前記可変利得増幅器のそれぞれの出力側に設けられた出力段スイッチと、前記制御信号を出力する制御回路とを有することを特徴とする。

【0039】請求項9記載の発明は、請求項8記載の発明において、前記入力段スイッチ、及び前記出力段スイッチの少なくともいずれか一方が、Single Pole Dual Throughスイッチであることを特徴とする。

【0040】請求項10記載の発明は、請求項8又は9に記載の発明において、前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、予め最大利得にまで利得を上げておき、その後に、前記可変利得増幅器の初段から利得を下げていき初段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら次段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていくように、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第1の制御方法と、前記可変利得増幅器の最終段から利得を下げていき最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその前段の可変利得増幅器の利得を下げていき、該前段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその前の段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第2の制御方法と、前記可変利得増幅器の2段目から利得を下げていき2段目の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその次段（3段目）の可変利得増幅器の利得を下げていき、該次段（3段目）の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていき、最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら初段の可変利得増幅器の利得を下げていくというように、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる第3の制御方法と、前記可変利得増幅器の全段の利得を同時に下げていく第4の制御方法との少なくともいずれか1つを用いて実行されることを特徴とする。

【0041】請求項11記載の発明は、請求項8又は9に記載の発明において、前記制御回路から出力される制御信号により実行される前記可変利得増幅装置の利得の制御が、前記可変利得増幅装置の雑音指数、及び3次歪みの値が、該可変利得増幅装置が使用される装置における最適値になるように、前記n段の可変利得増幅器の利得の値のそれぞれを組み合わせることにより実行されることを特徴とする。

【0042】請求項12記載の発明は、請求項8から11のいずれかに記載の発明において、前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合に、該利得が0 dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記入力段スイッチを、前記可変利得増幅器

から前記バッファアンプにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力すると共に、前記可変利得増幅器の利得が0dB以下になった場合に、該利得が0dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記出力段スイッチを、前記可変利得増幅器から前記バッファアンプにその接続を切り替えるための前記制御信号を出力することを特徴とする。

【0043】請求項13記載の発明は、請求項8から12のいずれかに記載の発明において、前記可変利得増幅器の電源のON/OFFを制御する、前記可変利得増幅器のそれぞれに接続されたON/OFFスイッチを有することを特徴とする。

【0044】請求項14記載の発明は、請求項13記載の発明において、前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0dB以下になった場合に、該利得が0dB以下になった可変利得増幅器に接続されている前記ON/OFFスイッチをOFFさせるための制御信号を出力して前記ON/OFFスイッチをOFFさせることを特徴とする。

【0045】請求項15記載の発明は、請求項8から14のいずれかに記載の発明において、前記バッファアンプの電源のON/OFFを制御する、前記バッファアンプのそれぞれに接続されたバッファアンプ用ON/OFFスイッチを有することを特徴とする。

【0046】請求項16記載の発明は、請求項15記載の発明において、前記制御回路が、前記可変利得増幅器の利得が0dB以下になった場合に、該利得が0dB以下になった可変利得増幅器に並列に接続されている前記バッファアンプのそれぞれに接続されているバッファアンプ用ON/OFFスイッチをONさせるための制御信号を出力して、前記バッファアンプ用ON/OFFスイッチをONさせることを特徴とする。

【0047】以下に、本発明に係る可変利得増幅装置の作用について説明する。本発明による可変利得増幅装置は、各増幅段の利得が0dB以下になった際にその前後に設けられたスイッチが増幅器からスルーラインやバッファアンプに切り替わることで、特に低利得時の雑音指数と3次歪みの改善を図るものである。

【0048】ここで、図1を参照して、本発明に係る可変利得増幅装置の作用について詳細に説明する。図1に、本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態の構成の回路図を示す。

【0049】図1において、n段から構成される可変利得増幅器11～14の前後に入出力切り替えスイッチ21～28を設け、入出力切り替えスイッチ21～28の他端にスルーライン31～34を、各段の可変利得増幅器と並列になるように接続している。

【0050】可変利得増幅器11～14及び入出力切り替えスイッチ21～28は、制御回路3とそれぞれ利得制御信号ライン41～44と、スイッチ切り替え信号ラ

イン51～54とで接続されている。

【0051】制御回路3は、利得制御信号ライン41～44を介して可変利得増幅器11～14の利得を設定でき、可変利得増幅器11～14の利得がそれぞれ0dBより上に設定されている場合には入出力切り替えスイッチ21～28を可変利得増幅器11～14側に接続し、各段の利得がそれぞれ0dB以下になった場合にはその段の前後の入出力切り替えスイッチをスルーライン31～34側に接続することにより、その段の増幅器が切り離す。

【0052】従って、それぞれの可変利得増幅器の利得が0dB以下となった場合は、この0dB以下となった可変利得増幅器が装置から切り離されることとなり、低利得時のNFとIM3との改善を図ることができる。

【0053】

【発明の実施の形態】次に、本発明に係る可変利得増幅装置の実施形態について、図面を参照して以下に詳細に説明する。

【0054】図1に、本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態の構成の回路図を示す。ただし、図1において、図15に示される従来の可変利得増幅装置と同様の部材には、同じ番号を付す。

【0055】図1に示されるように、この第1の実施形態に係る可変利得増幅装置は、入力端子1から出力端子2までの間に、n段の可変利得増幅器11～14を具備し、これら可変利得増幅器11～14のそれぞれに並列にスルーライン31～34を具備し、さらに、それぞれの可変利得増幅器11～14の入力側と出力側には、入力切り替えスイッチとしての入出力切り替えスイッチ21、23、25、・・・、27と、出力切り替えスイッチとしての入出力切り替えスイッチ22、24、26、・・・、28とが具備されている。

【0056】また、それぞれの可変利得増幅器11～14は、利得制御信号ライン41～44を介して制御回路3により制御され、それぞれの入出力切り替えスイッチ21～28は、スイッチ切り替え信号ライン51～54を介して制御回路3により制御される。

【0057】このように、第1の実施形態に係る可変利得増幅装置の構成としては、図1を参照すると明らかなように、n段から構成される可変利得増幅器11～14のそれぞれの入出力部に入出力切り替えスイッチ21～28を設け、この入出力切り替えスイッチ21～28の他端にスルーライン31～34を可変利得増幅器の各段と並列になるように接続してなるものである。

【0058】可変利得増幅器11～14及び入出力切り替えスイッチ21～28は、前述のように制御回路3と、それぞれ利得制御信号ライン41～44及びスイッチ切り替え信号ライン51～54で接続されている。

【0059】制御回路3は利得制御信号ライン41～44を介して可変利得増幅器11～14の利得を増幅器毎

に設定でき、可変利得増幅器11～14の利得が0dBより上に設定されている場合には、その段の入出力切り替えスイッチ21～28を可変利得増幅器11～14側に接続し、各段の利得の設定値が0dB以下になった場合に、制御回路3はその段の前後のスイッチを同時にスイッチ切り替え信号ライン51～54を介してスルーライン31～34側に切り替え、その利得が0dB以下となった段の可変利得増幅器が切り離されるようにする。

【0060】次に、図1に示される入出力切り替えスイッチ21～28の詳細な構成について図2を参照して説明する。図2に、図1に示される入出力切り替えスイッチ21～28の構成の一例を示し、図2の(A)に、その一例の概略構成のブロック図を示し、図2の(B)にその一例の回路図を示す。

【0061】図2の(A)は、本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態が具備する入出力切り替えスイッチ21～28のブロック図である。ただし、可変利得増幅器11～14の入力部に使用されるスイッチは1入力2出力スイッチであり、可変利得増幅器11～14の出力部に使用されるスイッチは2入力1出力スイッチである。

【0062】いずれも、Single Pole Dual Through (以下、SPDTと記す。)スイッチであり、電界効果トランジスタ(以下、FETと記す。)を使用して実現されることが多い。

【0063】次に、上記入出力切り替えスイッチの一般的な回路例を図2の(B)に示す。1入力2出力スイッチでも2入力1出力スイッチでも構成は同じなので、図1に示される1入力2出力スイッチとしての入出力切り替えスイッチ21を例に説明する。

【0064】図2の(A)に示されるように、入出力切り替えスイッチ21には、スイッチ入力端子61と、第1のスイッチ出力端子62と、第2のスイッチ出力端子63と、スイッチ切り替え信号入力端子64とがあり、スイッチ切り替え信号入力端子64に切り替え信号が入力されることにより、第1のスイッチ出力端子62と第2のスイッチ出力端子63との接続を切り替えることができる。

【0065】図2の(B)を参照してこの入出力切り替えスイッチ21について詳細に説明する。スイッチ入力端子61と第1のスイッチ出力端子62との間にはFET72が挿入され、スイッチ入力端子61と第2のスイッチ出力端子63との間にはFET73が挿入され、第1のスイッチ出力端子62と接地との間にはFET71が挿入され、第2のスイッチ出力端子62と接地との間にはFET74が挿入されて構成されている。

【0066】例えば、スイッチ切り替え信号入力端子64AにLow level、スイッチ切り替え信号入力端子64BにHigh levelの信号を与えると、FET72、FET74はONし、FET71、FET73

はOFFするのでスイッチ入力端子61と第1のスイッチ出力端子62は電氣的に接続され、スイッチ入力端子61と第2のスイッチ出力端子63とは電氣的に遮断される。

【0067】逆にスイッチ切り替え信号入力端子64AにHigh level、スイッチ切り替え信号入力端子64BにLow levelの信号を与えると、FET72、FET74はOFFし、FET71、FET73はONするのでスイッチ入力端子61と第1のスイッチ出力端子62は電氣的に遮断され、スイッチ入力端子61と第2のスイッチ出力端子63は電氣的に接続されるので、2つの出力端子を切り替えるスイッチとして動作する。

【0068】この際、スイッチ入力端子61と第1のスイッチ出力端子62、あるいはスイッチ入力端子61と第2のスイッチ出力端子63とは、3GHz程度の高い周波数の信号まで低損失で接続することが可能であり、第1のスイッチ出力端子62と第2のスイッチ出力端子63の間は十分に分離される。

【0069】次に図1に示される本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態の動作について、図面を参照して説明する。n個の可変利得増幅器11～14は制御回路3から利得制御信号ライン41～44を介して送られてくる利得設定信号(あるいは利得設定電圧)により利得が設定されるような増幅器である。通常1段当たりの最大利得は約15～20dB程度であり、最小利得は約-10dB～-30dB程度である。

【0070】しかし、多くの場合歪みが問題となるため、利得設定範囲は約0dB～最大利得に設定されることが多い。以下の説明においては説明を簡単にするため、本発明に係る可変利得増幅装置が可変利得増幅器を3段有する3段構成の可変利得増幅装置である場合の動作について説明する。ただし、図1においては、可変利得増幅器が4つ以上であるとして記載されているが、この可変利得増幅器の個数、及び可変利得増幅器に関連する部材の個数を3であるとみなして以下に説明を行う。

【0071】可変利得増幅器の1段当たりの利得設定範囲を0dB～20dBとし、各段の可変利得増幅器の入出力部に挿入損失約0.5dBの入出力切り替えスイッチ21～28が接続され、スイッチの他端に通過損失約0.2dBのスルーライン31～34を可変利得増幅器11～14の各段と並列になるように接続して構成している場合を考える。

【0072】この場合、図1に示されるスルーライン31～34としては、通信機などで使用される50Ωや75Ω付近の特性インピーダンスをもつものが良い。この3段の可変利得増幅装置は全体として-3.6dB～57dBの利得可変範囲の可変利得増幅装置となる。

【0073】そして、この場合の利得の制御方法としては、例えば、最大利得設定時を出発点とし、その後、利

得を降下させていく制御方法をとる。

【0074】利得を降下させる方法は、初段の可変利得増幅器から利得を下げていき初段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら次段（2段目）の可変利得増幅器の利得を下げていき、その可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段（3段目）の可変利得増幅器の利得を下げていくように制御する初段から先に利得を下げる制御方法、逆に最終段（ここでは3段目）の可変利得増幅器から利得を下げていき最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその前段（ここでは2段目）の可変利得増幅器の利得を下げていき、その可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその前の段（ここでは初段）の可変利得増幅器の利得を下げていくように制御する最終段から先に利得を下げる制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げていき2段目の可変利得増幅器の利得が0 dBになったらその次段（3段目）の可変利得増幅器の利得を下げていき、その可変利得増幅器の利得が0 dBになったら更にその次の段の可変利得増幅器の利得を下げていき、最終段の可変利得増幅器の利得が0 dBになったら初段の可変利得増幅器の利得を下げていくように制御する2段目から利得を下げる制御方法、あるいは全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法などが考えられる。

【0075】利得を、始めに最小利得に設定し、除々に利得を上昇させていく場合には、上述の過程の逆の手順となる。これらの制御方法の選択は、可変利得増幅装置が使用される装置全体のシステムの要求性能により適切な制御方法が選ばれる。

【0076】例えば歪みの要求が厳しいシステムでは初段から先に利得を下げる制御方法が選ばれ、雑音の要求が厳しいシステムでは最終段から先に利得を下げる制御方法が選択され、歪みと雑音の両方をうまく満足させるために2段目から利得を下げる制御方法や全段同時に下げる制御方法がよく選ばれる。

【0077】図1に示される、本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態では、前述のいずれの制御方法においても、制御回路3により、利得制御信号ライン41～44を介してある段の可変利得増幅器の利得が0 dB以下に設定された場合、同時にスイッチ切り替え信号ライン51～54を介してその段の前後に設けた入出力切り替えスイッチ21～28に対して可変利得増幅器11～14側からスルーライン31～34側に切り替わるように制御回路3からスイッチ切り替え信号が送られ、利得が0 dB以下になった可変利得増幅器11～14を切り離し、スルーライン31～34を接続する。

【0078】逆に制御回路3により、制御信号ライン41～44を介してある段の利得が0 dBから利得が増加するように設定された場合は、同時にスイッチ切り替え信号ライン51～54を介してその段の前後に設けた入出力切り替えスイッチ21～28に対してスルーライン

31～34側から可変利得増幅器11～14側に切り替わるように制御回路3からスイッチ切り替え信号が送られ、スルーライン31～34を切り離し、可変利得増幅器11～14を接続する。

【0079】従って、図1に示される本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態によれば、可変利得増幅器の利得が0 dB以下になった場合は、その可変利得増幅器を装置から切り離しているため、低利得時の雑音指数と3次歪みの改善を図ることが可能である。

【0080】ここで、図面を参照して、この第1の実施形態の効果についてさらに詳細に説明する。まず、第1の効果は、低利得に設定されている場合のNFを改善できることである。このNFと利得との関係を、第1の実施形態の可変利得増幅装置が3段構成の場合について図8に示す。

【0081】ここで、図8に示されるグラフは、可変利得増幅器11～14の1段当たりの可変利得範囲を0 dB～20 dBとし、利得とNFとの関係は図6に示す特性を有するものとしてシミュレーションを実行した結果である。

【0082】利得制御方法は、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法、及び全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法の4方式について行った。

【0083】図8を見ると制御方法によりNFの値に違いはあるが、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法の場合のNFの最悪値は約25 dB、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法の場合のNFの最悪値は約21 dB、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法の場合のNFの最悪値は約21 dB、全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法の場合のNFの最悪値は約29 dBである。同様の条件にて従来の3段構成可変利得増幅器のNFのシミュレーションした結果を図16に示す。

【0084】従来の3段構成可変利得増幅器のNFの最悪値はいずれの制御方法でも約30 dBであるので、NFの最悪値は約1～9 dB改善されていることが分かる。比較し易いように図9に従来例と本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態である、3段構成の可変利得増幅装置の初段から先に利得を下げる制御方法の場合のNFと利得の関係を示す。

【0085】第2の効果は、低利得に設定されている場合のIM3を改善できることである。この改善について図10を参照して説明する。図10に、本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態が3段構成の可変利得増幅装置である場合の可変利得増幅装置のIM3と利得との関係のグラフを示す。

【0086】ここで、図10に示される結果は、可変利

得増幅器11～14の1段当たりの可変利得範囲を0dB～20dBとし、格段の可変利得増幅器の利得とICPとの関係は図7に示す特性を有するものとし、入力端子1の入力電力レベルに対して出力端子2における出力電力レベルが、-20dBmになるようにしてシミュレーションを実行した結果である。

【0087】利得制御方法は、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法、及び全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法の4方式について行った。

【0088】図10を見ると制御方法によりIM3の値に違いはあるが、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法の場合のIM3の最悪値は約29dBc、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる制御方法の場合のIM3の最悪値は約24dBc、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる制御方法の場合のIM3の最悪値は約24dBc、全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく制御方法の場合のNFの最悪値は約14dBcである。

【0089】同様の条件にて、図17に、従来の3段構成の可変利得増幅装置のIM3のシミュレーション結果を示す。従来の3段構成可変利得増幅装置のIM3の最悪値はいずれの方法でも約11dBcであるので、IM3の最悪値は約3～18dBc改善されていることが分かる。これらの結果を比較し易いように、図11に、従来例と本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態の3段構成可変利得増幅器の最終段から先に利得を下げる制御方法の場合のIM3と利得の関係を示す。

【0090】次に、本発明に係る可変利得増幅装置の第2の実施形態について、図3を参照して説明する。図3に、本発明に係る可変利得増幅装置の第2の実施形態の構成の回路図を示す。ただし、前述の図1に示される本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態における部材と同様な部材には、同じ番号を付す。

【0091】図3に示される、本発明に係る可変利得増幅装置の第2の実施形態の構成が、前述の本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態の構成と異なる点は、図3を参照すると明らかなように、図1に示されるスルーライン31～34をバッファアンプ35～38に置き換えた点である。その他の点は同様である。

【0092】バッファアンプとしては、バイポーラトランジスタのエミッタフォロウ回路やFETのソースフォロウ回路あるいはオペアンプを使用したボルテージフォロウ回路などが考えられる。この第2の実施形態は、前述の第1の実施形態において、低利得時における出力端子2と入力端子1との間の遮蔽（アイソレーション）効果が低下してしまうことを改善する効果がある。

【0093】低利得時のNF及びIM3の改善は、各可

変利得増幅器11～14の利得が0dB以下になった場合に、制御回路3の制御により、各入出力切り替えスイッチ21～28の接続が、可変利得増幅器からバッファアンプに切り替わることにより、それぞれの可変利得増幅器を切り離すという動作を実行するため、前述の第1の実施形態とほぼ同等の特性が得られる。前述の第1の実施形態と同様に、この第2の実施形態に係る可変利得増幅装置が3段構成である場合における、利得とNFとのシミュレーション結果を図12に示し、利得とIM3とのシミュレーション結果を図13に示す。

【0094】これら図12に示される結果、及び図13に示される結果と、図16に示される従来の可変利得増幅装置のNFと利得との関係を示すグラフ、及び図17に示される従来の可変利得増幅装置のIM3と利得との関係を示すグラフとを参照すると明かなように、上述の本発明に係る可変利得増幅装置の第2の実施形態においては、NF、及びIM3共に、大幅な改善、特に、低い利得における改善がみられるという前述の本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態と同様の効果を有すると共に、低利得時における出力端子2と入力端子1間の遮蔽（アイソレーション）効果が低下してしまうことを改善することができる。

【0095】次に、本発明に係る可変利得増幅装置の第3の実施形態について、図4を参照して説明する。図4に、本発明に係る可変利得増幅装置の第3の実施形態の構成の回路図を示す。ただし、前述の図1に示される部材と同様な部材には同じ番号を付す。

【0096】図4を参照すると、この第3の実施形態の構成が、前述の図1に示される第1の実施形態の構成と異なる点は、第1の実施形態の可変利得増幅器11～14の電源と電源端子4との間に、可変利得増幅器用電源ON/OFFスイッチ91～94を挿入し、制御回路3により可変利得増幅器用電源ON/OFFライン81～84を介して可変利得増幅器用電源ON/OFFスイッチ91～94を制御できる構成とした点である。その他の点は同様である。

【0097】この第3の実施形態の動作は、前述の第1の実施形態の動作と同様に、制御回路3により利得制御信号ライン41～44を介してある段の利得が0dB以下に設定された時、同時にスイッチ切り替え信号ライン51～54を介してその段の前後に設けた入出力切り替えスイッチ21～28に対して、可変利得増幅器11～14側からスルーライン31～34側に切り替わるように制御回路3からスイッチ切り替え信号が送られ、可変利得増幅器11～14を切り離してスルーライン31～34を接続すると共に、前述の第1の実施形態には無かった動作として、制御回路3により可変利得増幅器用電源ON/OFFライン81～84を介して、その段の可変利得増幅器用電源ON/OFFスイッチをOFFし、その切り離された可変利得増幅器の電源をOFFする。

【0098】従って、この第3の実施形態は、前述の第1の実施形態と同様な効果が得られると共に、切り離された可変利得増幅器の電源をOFFしているため、低利得時において消費電力を削減する効果がある。低利得時のNF及びIM3の改善は前述の第1の実施形態と同様に、図8、及び図10に示される特性が得られる。

【0099】次に、本発明に係る可変利得増幅装置の第4の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図5に、本発明に係る可変利得増幅装置の第4の実施形態の構成の回路図を示す。ただし、図3に示される本発明に係る可変利得増幅装置の第2の実施形態と同様な部材には同じ番号を付す。

【0100】図5に示される第4の実施形態が、前述の図3に示される第2の実施形態の構成と異なる点は、第2の実施形態の可変利得増幅器11~14の電源と電源端子4との間に可変利得増幅器用ON/OFFスイッチ91~94を挿入し、バッファアンプ71~74の電源と電源端子4との間に、バッファアンプ用電源ON/OFFスイッチ95~98を挿入している点である。その他の点は同様である。

【0101】従って、この第4の実施形態に係る可変利得増幅装置は、前述の第2の実施形態と同様に、利得が0dB以下になった可変利得増幅器を切り離してバッファアンプに接続すると共に、制御回路3により可変利得増幅器用電源ON/OFF信号ライン81~84を介して可変利得増幅器用電源ON/OFFスイッチ91~94を制御でき、バッファアンプ35~38の電源と電源端子4との間にバッファアンプ用電源ON/OFFスイッチ95~98を挿入し、制御回路3によりバッファアンプ用電源ON/OFF信号ライン85~88を介してバッファアンプ用電源ON/OFFスイッチ95~98を制御できる構成をしている。

【0102】従って、動作としては、制御回路3により利得制御信号ライン41~44を介してある段の可変利得増幅器の利得が0dB以下に設定された場合は、同時にスイッチ切り替え信号ライン51~54を介してその段の入出力切り替えスイッチ21~28に対して可変利得増幅器11~14側からバッファアンプ35~38側に切り替わるように制御回路3からスイッチ切り替え信号が送られ、可変利得増幅器11~14を切り離してバッファアンプ35~38を接続すると同時に、制御回路3により可変利得増幅器用電源ON/OFF信号ライン81~84を介してその段の可変利得増幅器用電源ON/OFFスイッチ91~94をOFFすることにより、可変利得増幅器用の電源をOFFし、制御回路3によりバッファアンプ用電源ON/OFF信号ライン85~88を介してその段のバッファアンプ用電源ON/OFFスイッチをONすることによりバッファアンプの電源をONしている。

【0103】従って、バッファアンプにバイパスしてい

ない場合には、バッファアンプの電源がOFFとなっているため、その消費電力を低減させることができる。

【0104】以上から、この第4の実施形態に係る可変利得増幅装置は、低利得時において消費電力を削減する効果があると共に、前述の第2の実施形態と同様に、図12、及び図13に示されるように、低利得時のNFおよびIM3の改善を図ることができるという効果を得ることができる。

【0105】ここで、上述の第1の実施形態、第2の実施形態、第3の実施形態、及び第4の実施形態においては、始めに最大利得まで上昇させておき、その後、初段から先に利得を下げる制御方法、及び最終段から先に利得を下げる制御方法、2段目から利得を下げる制御方法、全段同時に利得を下げていく制御方法の4方式について行った場合を例に説明したが、本発明はこのような利得の制御方法に限定されずに、さらに本発明に係る可変利得増幅装置が利用される装置やシステムの適性に併せて、その利得を変化させて設定することが可能である。

【0106】例えば、本発明において使用される可変利得増幅器は、それぞれ単独で利得を変化させることができるため、可変利得増幅装置としてある利得を設定する場合は、それぞれの可変利得増幅器の利得を組み合わせる利得の設定を実行することが可能である。

【0107】ここで、本発明に係る可変利得増幅装置の利得を変化させる場合に、可変利得増幅装置が具備する可変利得増幅器の利得をそれぞれ変化させて組み合わせた場合のNF、及びIM3との関係について、図14を参照して説明する。図14に、前述の本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態が具備する可変利得増幅器の利得をそれぞれ変化させて組み合わせた場合のNF、及びIM3との関係の一例の表を示す。

【0108】ただし、図14に示される関係は、本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態が3段構成の可変利得増幅装置であり、設定すべき利得として、38dBの場合を例に示している。勿論、以下に述べる説明は本発明において、このような3段構成の可変利得増幅装置であり、設定すべき利得として、38dBの場合に限定されるものではなく、任意の段数、任意の利得、及び前述の他の実施形態において同様に成り立つものである。

【0109】図14に示されるように、可変利得増幅装置の利得を例えば38dBに設定した場合は、3段ある可変利得増幅器のうち、例えば、初段を20dB、2段を18dB、及び終段を0dBに設定する場合や、初段を18dB、2段を18dB、及び終段を2dBに設定する場合や、初段を20dB、2段を0dB、及び終段を18dBに設定する場合や、初段を18dB、2段を2dB、及び終段を18dBに設定する場合等のその他の無数の組み合わせが考えられる。

【0110】そして、このような利得の組合わせにより、NF、及びIM3は図14に示されるようにそれぞれ異なった値となる。

【0111】従って、例えば利得＝38dBの場合に、可変利得増幅器の利得の種々の組合わせにより得られるNF、及びIM3の組の値をそれぞれ制御回路にインプットしておけば、制御回路は利得を設定する際に、インプットされた可変利得増幅器の利得の組合わせと、これに対応するNF、及びIM3の組の値を参照して、望ましいNF、及びIM3の組の値を得ることができる。

【0112】このようにすることにより、可変利得増幅装置におけるどのような利得に設定した場合であっても、制御回路がNF、及びIM3を最適値になるように可変利得増幅器の利得の組合わせを実行するので、全ての範囲で最適なNF、及びIM3を選択することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0113】このような効果は、本発明のように、可変利得増幅装置が具備する可変利得増幅器がそれぞれ個別に利得を変化させることが可能な増幅器であるからこそ実現できたものである。

【0114】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、少なくとも1以上の可変利得増幅器から構成される可変利得増幅装置において、利得が0dB以下になった可変利得増幅器を切り離して、スルーライン若しくはバッファアンプに接続するためのスイッチを具備しているため、NFとIM3とを、特に低利得時に、大幅に改善することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0115】また、可変利得増幅器の利得が0dB以下となった場合に、信号をバイパスさせる経路にバッファアンプを設けたことにより、低利得時における出力端子と入力端子間の遮蔽（アイソレーション）効果が低下してしまうことを改善することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0116】また、入力段スイッチ、及び前記出力段スイッチの少なくともいずれか一方が、Single Pole Dual Throughスイッチであるため、このスイッチの切り換えを正確、かつ迅速に実行することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0117】また、可変利得増幅装置から切り離された可変利得増幅器の電源をOFFするためのスイッチを具備し、可変利得増幅器の利得が0dB以上であるか否かによりこのスイッチを切り換えているため、その消費電力を軽減することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0118】また、信号が入力していないバッファアンプの電源をOFFすることが可能なバッファアンプ用スイッチを具備し、バッファアンプに信号がバイパスして

いるか否かによりこのバッファアンプ用スイッチを切り換えているため、その消費電力をさらに軽減することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0119】また、可変利得増幅装置の利得を設定する制御方法としては、まず、可変利得増幅装置の最大利得にまで利得を上げておき、その後、利得を下げていき、この利得を下げる方法としては、初段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第1の制御方法、最終段の可変利得増幅器から先に利得を下げる第2の制御方法、2段目の可変利得増幅器から利得を下げる第3の制御方法、全段の可変利得増幅器の利得を同時に下げていく第4の制御方法を実行することができるので、利得可変増幅装置が使用される装置やシステムの要求性能により適切な制御方法を選択することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【0120】さらに、制御回路から出力される制御信号により実行される可変利得増幅装置の利得の制御が、可変利得増幅装置の雑音指数、及び3次歪みの値が、可変利得増幅装置が使用される装置やシステムにおける最適値になるように、n段の可変利得増幅器の利得の値のそれぞれを組み合わせることにより実行されるため、可変利得増幅装置全体の利得が同一の利得であっても、可変利得増幅器の利得の組合わせによりNF、及びIM3の値に幅を持たせることができ、可変利得増幅装置が使用される装置やシステムの様々な要求に対応することが可能な可変利得増幅装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る可変利得増幅装置の第1の実施形態の構成を示す回路図である。

【図2】図1に示されるスイッチの構成を示す回路図である。

【図3】本発明に係る可変利得増幅装置の第2の実施形態の構成を示す回路図である。

【図4】本発明に係る可変利得増幅装置の第3の実施形態の構成を示す回路図である。

【図5】本発明に係る可変利得増幅装置の第4の実施形態の構成を示す回路図である。

【図6】本発明及び従来の可変利得増幅器における利得とNFとの間の特性を示すグラフである。

【図7】本発明及び従来の可変利得増幅器における利得とICPとの間の特性を示すグラフである。

【図8】図1に示される可変利得増幅装置の利得とNFとの間の関係を示すグラフである。

【図9】図1に示される可変利得増幅装置の利得とNF、及び従来の可変利得増幅装置の利得とNFとの間の関係を示すグラフである。

【図10】図1に示される可変利得増幅装置の利得とIM3との間の関係を示すグラフである。

【図11】図1に示される可変利得増幅装置の利得とIM3、及び従来の可変利得増幅装置の利得とIM3との

間の関係を示すグラフである。

【図12】図3に示される可変利得増幅装置の利得とNFとの間の関係を示すグラフである。

【図13】図3に示される可変利得増幅装置の利得とIM3との間の関係を示すグラフである。

【図14】本発明に係る可変利得増幅装置が具備する可変利得増幅器の利得をそれぞれ変化させて組み合わせた場合のNF、及びIM3の関係の一例を示す表である。

【図15】従来の可変利得増幅装置の構成を示す回路図である。

【図16】従来の可変利得増幅装置の利得とNFとの間の関係を示すグラフである。

【図17】従来の可変利得増幅装置の利得とIM3との間の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

1 入力端子

2 出力端子

3 制御回路

4 電源端子

11, 12, 13, 14 可変利得増幅器

21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 入出力切り替えスイッチ

31, 32, 33, 34 スルーライン

35, 36, 37, 38 バッファアンプ

41, 42, 43, 44 利得制御信号ライン

51, 52, 53, 54 スイッチ切り替え信号ライン

61 スイッチ入力端子

62 第1のスイッチ出力端子

63 第2のスイッチ出力端子

64, 64A, 64B スイッチ切り替え信号入力端子

71, 72, 73, 74 電界効果トランジスタ

75, 76, 77, 78 抵抗

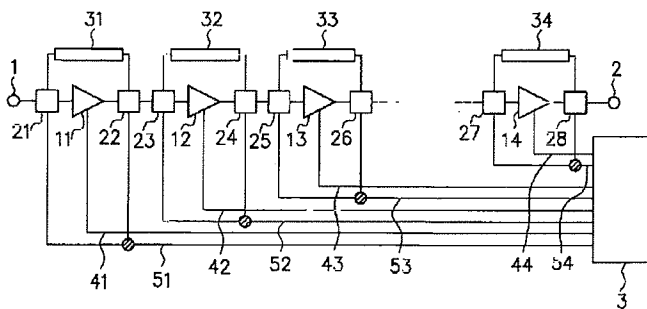
81, 82, 83, 84 可変利得増幅器用電源ON/OFFライン

85, 86, 87, 88 バッファアンプ用電源ON/OFFライン

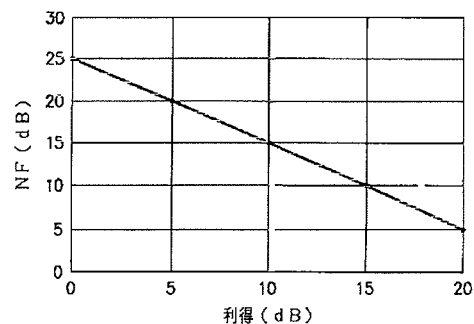
91, 92, 93, 94 可変利得増幅器用電源ON/OFFスイッチ

95, 96, 97, 98 バッファアンプ用電源ON/OFFスイッチ

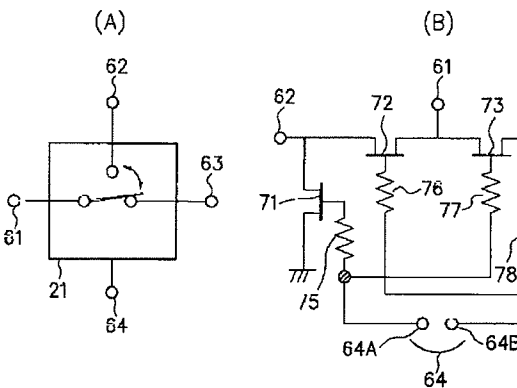
【図1】



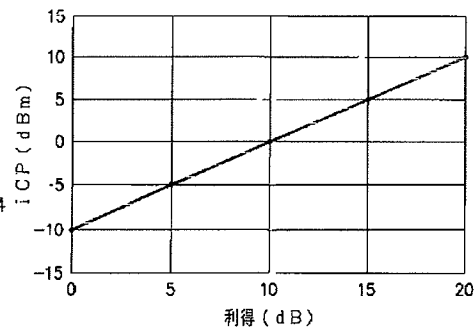
【図6】



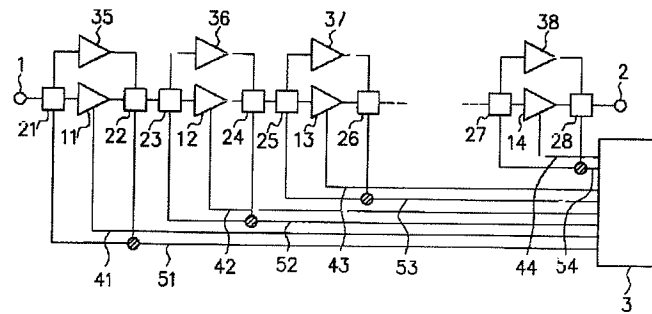
【図2】



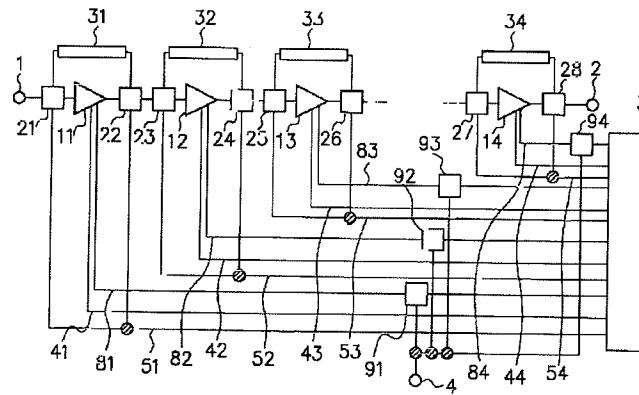
【図7】



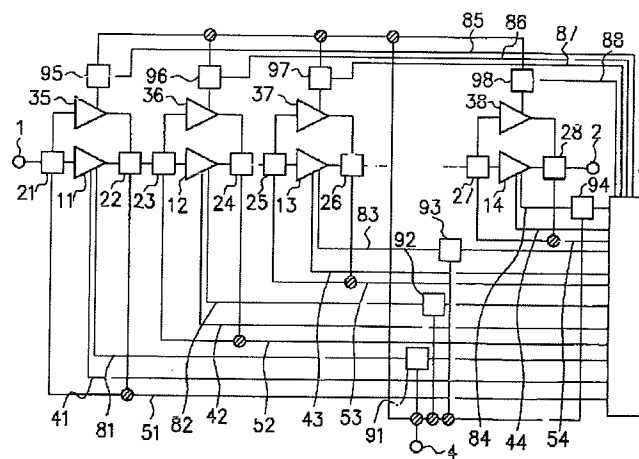
【図3】



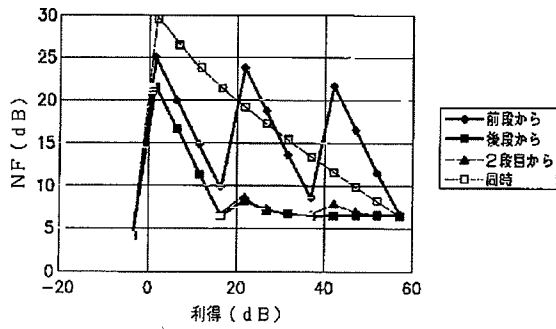
【図4】



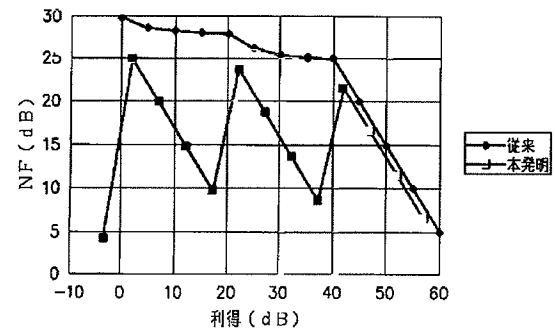
【図5】



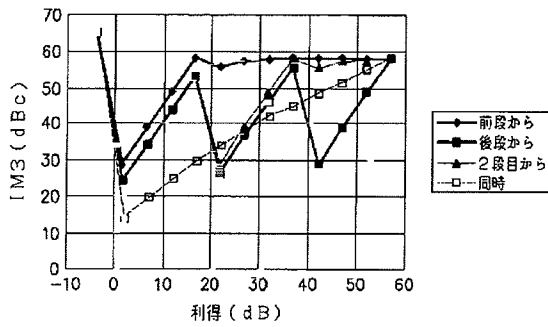
【図8】



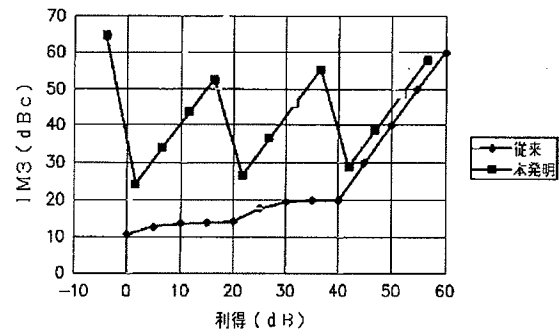
【図9】



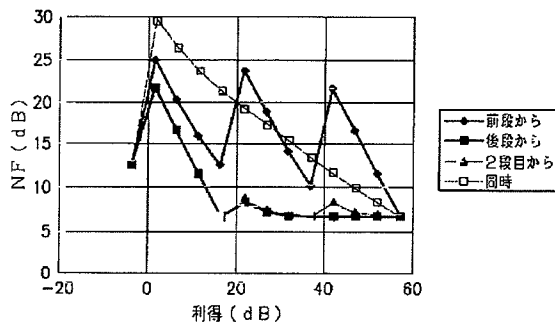
【図10】



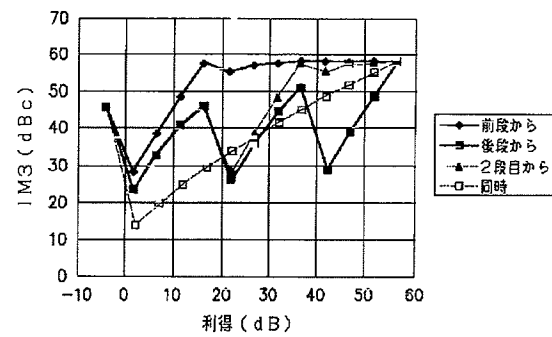
【図11】



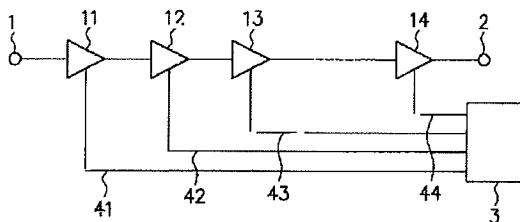
【図12】



【図13】



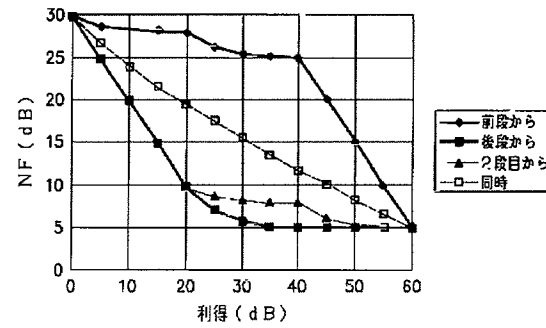
【図15】



【図14】

初段 [dB]	2段 [dB]	終段 [dB]	合計 [dB]	NF [dB]	IM3 [dBc]
20	18	0	38	3	15
18	18	2	38	3.2	17
20	0	18	38	3.1	24
18	2	18	38	3.2	25

【図16】



【図17】

